

## SIMULASI PENJALARAN SINYAL MODULASI BPSK-OFDM PADA SERAT MULTIMODE PENDEKATAN FDTD MENGGUNAKAN C#

Sa'ban Fauzi Syam<sup>1</sup>, Erna Sri Sugesti M.sc.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

### Abstrak

Teknologi telekomunikasi berbasis fiber optic dewasa ini semakin pesat. Sehingga banyak media transmisi menggunakan fiber optic, karena selain memiliki bandwidth tinggi juga mempunyai kecepatan lebih tinggi. Untuk mengoptimalkan kerja serat optik dibutuhkan suatu teknik penjalaran sinyal optik yang sesuai dengan kebutuhan. Teknik penjalaran step-index multimode mempunyai kelebihan, selain numerical apertures lebih luas juga toleransi yang rendah terhadap kebutuhan konektor fiber. Pendekatan Maxwell dapat digunakan sebagai alat penganalisis dari teknik penjalaran sinyal optik, karena pendekatan ini mampu dibuktikan secara matematis. Teknik penjalaran ini didukung oleh suatu sistem transmisi OFDM yang dimodulasikan dengan BPSK.

Penelitian pada Tugas Akhir ini menitik beratkan pada bagian serat optik dalam teknologi WLAN IEEE 802.11g over Fiber. Simulasi serat optik yang dilakukan menggunakan modulasi BPSK-OFDM pada standar IEEE 802.11g. Analisis yang dilakukan mencakup analisis mode propagasi dan distribusi medan elektrik pada serat optik Single-Mode Step-Index. Dalam proses analisis digunakan metode analisa numerik Finite Difference Time Domain (FDTD) dan simulasi yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman C#. Hasil simulasi Tugas Akhir ini menampilkan distribusi medan elektrik pada daerah core dan cladding. Mode propagasi yang memenuhi sifat sinyal yang merambat dalam pada serat optik Multimode Step-Index ialah mode hybrid.

Kata Kunci : Maxwell, OFDM, BPSK, Model Fiber, Step-Index, Multimode, FDTD.

### Abstract

Fiber optic-based telecommunication technology is of increasing rapidly. So many uses fiber optic transmission media, because in addition to having high bandwidth also has a higher speed. To optimize the optical fiber work required an optical signal propagating techniques that suit their needs. Propagation techniques multimode step-index has the advantage, in addition to numerical apertures wider tolerance is also low to the needs of fiber connectors. Maxwell's approach can be used as an analyzer tool of optical signal propagation techniques, because this approach can be proven mathematically. This propagation technique is supported by a transmission system with BPSK-modulated OFDM.

Research in this final section focuses on fiber optics in the IEEE 802.11g WLAN technology over Fiber. Simulations were performed using fiber optic BPSK-OFDM modulation on the IEEE 802.11g standard. The analysis process includes the analysis of propagation modes and distribution the electric field on optical fiber Single-Mode Step-Index. In the process of numerical analysis methods of analysis used Finite Difference Time Domain (FDTD) and the simulation was built using the programming language C #. The result of this final simulation shows the electric field distribution in core and cladding regions. Propagation modes, which are signals that propagate in the fiber optic Multimode Step-Index is a hybrid mode.

Keywords : Maxwell, OFDM, BPSK, Fiber Modeling, Step-Index, Multimode, FDTD.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini penggunaan kabel serat optik dalam teknologi per-telekomunikasi-an terus meningkat, karena sistem akses ini mendukung komunikasi multimedia berkecepatan tinggi. Juga mampu memenuhi kebutuhan masyarakat yang meningkat akan pelayanan komunikasi multimedia. Sehingga perlunya diciptakan suatu jaringan yang memadukan berbagai elemen dari komunikasi *wireless* dalam satu *flatfrom* yang sama.

Untuk mendukung terciptanya konsep *hybrid network* yang meng-integrasikan *wireless wide area network* dan *wireless local area network* dengan *internet backbone* yang berdasarkan serat, maka dibutuhkan suatu teknik penjalaran pada fiber optik yang dapat melayani akses berkecepatan tinggi.

Untuk mengintegrasikan jaringan serat optik dengan teknologi *wireless* ini perlu adanya pemodulasian sinyal, yang dalam pembahasan digunakan modulasi BPSK-OFDM yang akan diteruskan pada serat optik *step-index multimode*. Penggunaan OFDM pada teknik transmisi BPSK mempunyai kelebihan pada daerah cakupan yang lebih luas dari pada metoda modulasi konvensional lainnya.

### 1.2 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah menghasilkan model dan simulasi penjalaran cahaya laser ke dalam serat optik *step-index multimode* dengan pendekatan FDTD menggunakan perangkat lunak C#.

### 1.3 Perumusan Masalah

*Fiber multimode* adalah jenis fiber yang biasa digunakan untuk media transmisi dalam komunikasi serat optik. *Fiber multimode* memiliki penjalaran cahaya pada *core* dengan banyak jejak, biasanya menggunakan sumber LED dan LASER dengan panjang gelombang 850 dan 1300 nm.

Pada pemodelan penjalaran serat optik *multimode* diperlukan suatu perhitungan sinar datang terhadap indeks bias *core* ( $n_1$ ), juga panjang gelombangnya. Parameter-

parameter tersebut sangat mempengaruhi bentuk penjalaran dari serat optik, redaman maupun daya yang dihasilkan.

Pada teknik penjalaran pada serat optik menggunakan sinyal OFDM yang merupakan suatu sinyal *multi-carrier* dimana setiap *carrier* saling *orthogonal*. Sinyal ini digabungkan dengan suatu modulasi konvensional lainnya yaitu BPSK pada proses pemetaan (*mapping*).

Penggunaan *fiber multimode step-index* memperoleh propagasi jumlah *guided modes* yang terbatas pada kanal. Jumlah dari moda *guided* tergantung pada parameter fisik ( perbedaan *refractive index* yang berhubungan, *core radius*) dari *fiber* dan panjang gelombang cahaya yang dikirimkan termasuk frekuensi  $V$  yang ternormalisasi.

Pada Tugas Akhir ini dijelaskan mengenai metoda “Beda Hingga Domain Waktu” atau *Finite Difference Time Domain* (FDTD) yang digunakan untuk pengukuran sinyal *multi-carrier* pada gelombang elektromagnetik pada domain waktu. Dalam melakukan simulasi memerlukan bahasa pemrograman yang handal, dalam dunia pengembangan perangkat lunak bahasa C# adalah bahasa yang memudahkan dalam pengerjaan program mem-visualisasikan data analisis. Kemudian hasil dari simulasi C# di bandingkan dengan hasil perhitungan dengan matlab.

#### 1.4 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini dibatasi permasalahan pada beberapa hal, baik pada penggunaan panjang gelombang, teknik penjalaran yang menggunakan pendekatan matematis hingga parameter keluaran yang diukur.

Dengan menggunakan panjang gelombang ( $\lambda$ ) 1300 nm yakni pada *window II*, akan dilihat perbandingan performa pada serat bila setelah dilakukan perhitungan secara matematis. Sehingga dengan menggunakan parameter jarak 500 m s.d 1000 m dan penggunaan panjang gelombang tersebut menjadi batasan analisis pada tugas akhir ini.

Bentuk penjalaran yang diteliti sesuai dengan penggunaan standar IEEE 802.11g dimana, sistem modulasi menggunakan OFDM yang digabungkan dengan BPSK. Hal tersebut akan mempengaruhi terhadap jangkauan daerah kerja, juga penggunaan daya.

Dengan menggunakan pendekatan metoda FDTD dan persamaan *Maxwell* dapat diperhitungkan bentuk penjalaran yang terjadi pada serat optik dengan berbagai macam

kondisi. Tugas akhir ini akan disimulasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman C#.

### 1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Metoda pendekatan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a) Metode Literatur

Mengumpulkan data dengan cara menggali pengetahuan atau ilmu yang dituangkan melalui karya tulis, dan mempelajari buku-buku referensi dan dokumen-dokumen tentang sistem komunikasi optik dan dasar transmisi dari perpustakaan maupun internet yang berhubungan dengan pokok bahasan pada tugas akhir ini.

b) Perancangan

Merancang sistem yakni menentukan spesifikasi teknis model sistem yang akan digunakan dalam simulasi.

c) Pemodelan

Memodelkan sistem untuk simulasi sesuai konfigurasi sistem.

d) Pembuatan program

Membuat program dengan menggunakan C++, dan mencocokkan dengan konfigurasi sistem yang sesuai dengan data yang direncanakan.

e) Simulasi dan pengujiannya

Melakukan pengujian sistem dengan simulasi sesuai dengan tujuan dan bahan kajian dari studi ini.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan ini terdiri dari 5 (lima) bab yang diuraikan sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN:** Pada bab ini membahas latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, metoda penyelesaian masalah serta sistematika penulisan.

**BAB II DASAR TEORI:** Bab ini akan membahas tentang teori yang mendukung tugas akhir ini yang diantaranya: dasar komunikasi serat optik, modulasi OFDM dan BPSK, serat optik *step-index multimode*, perasmaan Maxwell, propaksi gelombang, daya transmisi, degradasi gelombang, dan FDTD.

**BAB III MODEL DAN SIMULASI:** Bab ini membahas tentang parameter-parameter simulasi yang digunakan untuk menentukan nilai keluaran dari penjalaran sinyal baik berupa bentuk sinyal maupun hasil perhitungan.

**BAB IV ANALISIS DAN HASIL SIMULASI:** Bab ini membahas tentang analisis yang didapat dari simulasi dengan formula baku yang telah ditentukan.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN:** Bab ini menguraikan kesimpulan akhir dari penjelasan pada bab-bab sebelumnya. Dan pada bagian saran berisi mengenai masukan atau arahan yang berasal dari analisa.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dipaparkan sebagai berikut,

1. Simulasi pada Tugas Akhir ini telah dapat menampilkan proses penjalaran sinyal modulasi BPSK-OFDM. Sehingga dapat dilihat perubahan yang terjadi pada setiap blok kerja.
2. Berdasarkan simulasi dan perhitungan dengan Matlab dapat diketahui bahwa semakin besar jarak dan waktu spasi maka semakin kecil nilai amplitudo medan  $E_r$ .
3. Performa program mempunyai kecepatan iterasi antara 40 hingga 160 ms dengan kecepatan jumlah sel di perkecil untuk perhitungan medan pada domain waktu.

#### 5.2. Saran

Tugas Akhir ini mempunyai banyak peluang untuk diteliti lebih lanjut. Penelitian lebih lanjut disarankan dengan menggunakan beberapa blok kerja tambahan. Diantaranya adalah :

1. Sinyal WLAN yang digunakan pada simulasi merupakan sinyal info termodulasi OFDM-BPSK. Dengan melihat standard skema modulasi WLAN IEEE 802.11g ialah modulasi BPSK, QPSK, 16-QAM, atau 64-QAM perlu dilakukan simulasi dengan skema modulasi QPSK, 16-QAM, dan 64-QAM.
2. Mempertimbangkan pengaruh dispersi dalam distribusi medan ekektrik dalam serat optik *Multimode Step-Index* yang disimulasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Keiser, "*Optical Fiber Communication*", Third Edition, McGraw Hill, Singapore, 2000.
- [2] J. Power, "*An Introduction to Fiber Optic System*", Second Edition, IRWIN, USA, 1997.
- [3] M. Rohmat, Diktat Matakuliah Elektromagnetika 2, IT Telkom, Bandung, 2008.
- [4] J. S. Sumantyo, "*Metoda Beda Hingga Kawasan Waktu*", Penerbit ITB, Bandung, 2004.
- [5] A. Hambali, "Diktat Matakuliah Sistem Komunikasi Serat Optik", IT Telkom, Bandung, 2008.
- [6] PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA, "*Dasar Sistem Komunikasi Optik, OPTICAL ACCESS NETWORK*", Penerbit TELKOMRisTI (R & D Center), Bandung, 21 Juni 2010.
- [7] Laboratorium Sistem Komunikasi Departemen Teknik Elektro, "*Modul Praktikum Sistem Komunikasi*", Institut Teknologi Telkom, Bandung : 2008.
- [8] S. Haykin, *Communication System*. Singapore: John Wiley & Sons, 2001.
- [9] <http://www.howstuffworks.com>, Unduh: 10:35:08, 26 Januari 2010.
- [10] <http://zone.ni.com/cms/images/devzone/ph5d7c7a87738.gif>, Unduh: 1:03:34, 19 Mei 2010.
- [11] Bryn J. Dixon, "*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing in Wireless Communication Systems with Multimode Fiber Feed*", IEEE Computer Society, 2001.
- [12] K. Pietikainen, "*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, Communication Laboratory/HUT", Finland, 2002.
- [13] R. Munir, "*Metode Numerik Revisi Kedua*", Penerbit Informatika, Bandung, 2008.
- [14] W. S. C. CHANG, "*Rf Photonic Technology in Optical Fiber links*", Cambridge University Press, 2002.
- [15] K. Okamoto, "*Fundamentals of Optical Waveguides*", Academic Press, California, 1999.

## Daftar Pustaka

---

- [16] S. F. Yu, “*Analysis and Design of Vertical Cavity Surface Emitting Lasers*”, Willey, United States of America, 2003.
- [17] C. L. Chen, “*Foundation of Guided-Wave Optics*”, Willey, New Jersey, 2007.
- [18] R. E. Siregar, “*Dasar-dasar Komunikasi Serat Optik*”.
- [19] N. Lestari, “Simulasi VCSEL pada WLAN over Fiber Menggunakan C++”, <http://blog.stei.itb.ac.id/niens> , unduh : 11 Agustus 2009.

